



**FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING
AND INFORMATION SCIENCE**



**INFORMATION TECHNOLOGY AND
ELECTRICAL ENGINEERING -
DEVICES AND SYSTEMS,
MATERIALS AND TECHNOLOGIES
FOR THE FUTURE**

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=12391>

Impressum

Herausgeber: Der Rektor der Technischen Universität Ilmenau
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. Peter Scharff

Redaktion: Referat Marketing und Studentische
Angelegenheiten
Andrea Schneider

Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
Susanne Jakob
Dipl.-Ing. Helge Drumm

Redaktionsschluss: 07. Juli 2006

Technische Realisierung (CD-Rom-Ausgabe):
Institut für Medientechnik an der TU Ilmenau
Dipl.-Ing. Christian Weigel
Dipl.-Ing. Marco Albrecht
Dipl.-Ing. Helge Drumm

Technische Realisierung (Online-Ausgabe):
Universitätsbibliothek Ilmenau
[ilmedia](#)
Postfach 10 05 65
98684 Ilmenau

Verlag:  Verlag ISLE, Betriebsstätte des ISLE e.V.
Werner-von-Siemens-Str. 16
98693 Ilmenau

© Technische Universität Ilmenau (Thür.) 2006

Diese Publikationen und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Mit Ausnahme der gesetzlich zugelassenen Fälle ist eine Verwertung ohne Einwilligung der Redaktion strafbar.

ISBN (Druckausgabe): 3-938843-15-2
ISBN (CD-Rom-Ausgabe): 3-938843-16-0

Startseite / Index:
<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=12391>

B. Tzaneva, Th. Heck, H. Schau, D. Stade

Optimierung der Struktur industrieller Energieversorgungsnetze unter Berücksichtigung der Konformitätsanforderungen an die elektromagnetische Umgebung

1 EINFÜHRUNG

Durchgeführte Industrienetzstudien zeigen, dass Probleme in industriellen Energieversorgungsnetzen häufig auf die fehlende Konformität zwischen der Qualität dieser elektromagnetischen Umgebung und diesbezüglichen Anforderungen der am Netz angeschlossenen Abnehmer zurückzuführen sind. Konformität ist gewährleistet, wenn die Störaussendungen der Abnehmer mit der Störfestigkeit der im Netz betriebenen Geräte konform sind. Die Qualität der elektromagnetischen Umgebung lässt sich anhand der Spannung bewerten. Die Qualitätsmerkmale der Versorgungsspannung sind in EN 50160 [1] definiert.

Obwohl Normen, Vorschriften und Richtlinien zur Spannungsqualität existieren, wird die Frage der Konformitätssicherung bei der Planung industrieller Energieversorgungsnetze (Industrienetze) oft nicht ausreichend berücksichtigt. Das führt zu fehlerhafter Dimensionierung der Netze. Oft werden Netze überdimensioniert, was mit unnötig hohen Investitionskosten verbunden ist. Andererseits können die Konformitätsprobleme negative Auswirkungen auf die Produktqualität haben.

In Industrienetzen gibt es neben den passiven ohmsch-induktiven Belastungen meist Abnehmer, die für bestimmte Technologien typisch sind und einen wesentlichen Einfluss auf die Spannungsverhältnisse haben. Die Abnehmer eines industriellen Energieversorgungsnetzes setzen sich demzufolge einerseits aus einer *typischer Belastung*, die durch die Art des technologischen Prozesses bestimmt wird, und andererseits aus einer *sonstiger Belastung* zusammen, die Allgemeinlasten, Beleuchtung etc. umfasst. Erfahrungen und Kenntnisse über die Wirkungsweise und

Wechselwirkungen solcher typischer Abnehmer mit dem Netz können benutzt werden, um den Planungsprozess wesentlich zu vereinfachen. Nachfolgend wird ein Verfahren zur Planung des Anschlusses typischer Industrienetzbelastungen in industriellen Energieversorgungsnetzen vorgeschlagen, das auf einer geeigneten Beschreibung der Industrieanlage durch Parametermatrizen basiert. Das Verfahren dient der Überprüfung des Anschlusses der Industrieanlage an einem bestimmten Netzknotenpunkt (Verknüpfungspunkt mit dem öffentlichen Netz PCC oder industrieller Verknüpfungspunkt IPC) und soll die Aussage liefern, ob der Anschluss an einem bestimmten Netzknotenpunkt möglich ist bzw. unter welchen Bedingungen (anderer Verknüpfungspunkt im Netz, Kompensation der Störemissionen) der Anschluss vorgenommen werden kann. Das Verfahren wird am Beispiel des Anschlusses von Schweißanlagen erläutert.

2 VERFAHREN ZUR PLANUNG DER KONFORMITÄT IN INDUSTRIELLEN ENERGIEVERSORGUNGSNETZEN

2.1 ABNEHMERANALYSE UND BILDUNG DER PLANUNGSMATRIX

Industrielle Energieversorgungsnetze dienen der Versorgung von Produktionsprozessen, die durch den Betrieb typischer elektrischer Abnehmer charakterisiert sind. Diese Abnehmer bilden die Gruppe der typischen Belastung im Netz. Sie bestimmen durch ihre Auswirkungen auf die Qualität der elektromagnetischen Umgebung weitgehend die Netzverhältnisse. Neben der typischen Belastung haben die Netzstruktur und die sonstige Belastungen, bestehend aus allgemeinen Lasten, Beleuchtungsanlagen etc., einen Einfluss auf die Qualität der Spannung.

Das Verfahren, dessen Algorithmus schematisch in Bild 1 dargestellt ist, basiert auf der Bildung und Nutzung einer Planungsdatenbank, in der Planungsdaten von Industrienetzen, geordnet nach typischen Belastungen (z.B. Schweißbelastungen, Lichtbogenofenbelastung, metallbearbeitende Maschinenbelastung etc.), abgelegt sind. Diese Planungsdaten umfassen die Netz- bzw. Spannungsqualitätsparameter, die für den Betrieb der betreffenden typischen Belastung relevant sind und sich bei Betrieb dieser typischen Belastungen an Netzknotenpunkten unterschiedlicher Kurzschlussleistung des Netzes S_k ergeben. Die Planungsdaten werden durch stationäre Berechnungen gewonnen. Im Fall komplizierter Netzstrukturen müssen Netzsimulationen durchgeführt werden.

Die für typische Belastungen vorliegenden Daten bilden die Planungsmatrix. Die Zeile der Planungsmatrix, die der Kurzschlussleistung des Netzes am vorgesehenen Anschlusspunkt einer Industrieanlage in einem Planungsvorhaben entspricht, ergibt den Planungsvektor dieser Anlage.

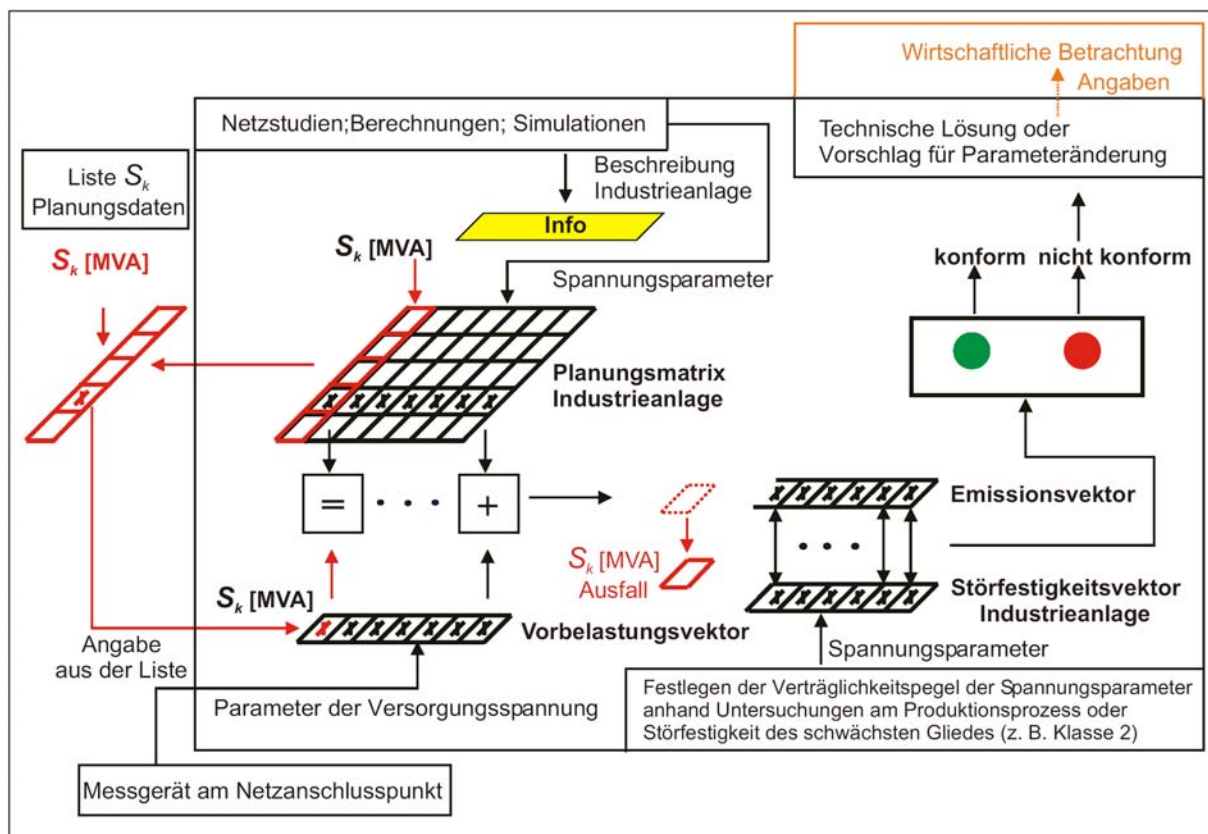


Bild 1: Verfahren zur Konformitätsplanung in industriellen Energieversorgungsnetzen

Die Planungsmatrix einer Industrieanlage beinhaltet die ausgewählten Qualitätsparameter der Versorgungsspannung, die für diese typische Belastung relevant sind, in Abhängigkeit von den Kurzschlussleistungen des Netzes.

2.2 ÜBERPRÜFUNG DER KONFORMITÄT

Der mögliche Netzanschlusspunkt der Industrieanlage (Verknüpfungspunkt PCC oder IPC) ist durch seine Kurzschlussleistung S_k und eine bestimmte Vorbelastung der Versorgungsspannung gekennzeichnet. Unter Vorbelastung werden dabei die Pegel der relevanten Kenngrößen verstanden, die am vorgesehenen Verknüpfungspunkt der Industrieanlage mit dem Netz vor dem Anschluss bestehen. Die Vorbelastung wird durch Messungen am geplanten Anschlusspunkt erfasst (Spannungs- bzw.

Elektroenergiequalitätsmessung), deren Durchführung durch die Anforderungen der typischen Belastung bestimmt wird. Aus den Messungen wird der Vorbelastungsvektor des Verknüpfungspunktes gebildet. Er beinhaltet die Kurzschlussleistung des Netzknotenpunktes und die dazugehörenden Spannungsqualitätskenngrößen der Vorbelastung.

Für die Kurzschlussleistung des Netzes am Verknüpfungspunkt sind die zu erwartenden Aussendungspegel durch die typische Belastung und die Vorbelastungspegel zu überlagern. Es ergibt sich die zu erwartenden Emission der Industrieanlage in Form eines Emissionsvektor. Die Ermittlung der resultierenden Flickerstärke im Emissionsvektor erfolgt gemäß des allgemeinen Überlagerungsgesetzes nach der Formel

$$Plt = \sqrt[n]{Plt_{Planung}^n + Plt_{Vorbelastung}^n} \quad [2].$$
 Der Parameter n ist prozessspezifisch und variiert zwischen 1...4. Die Flickerwirkung wird dabei anhand der Langzeitflickerstärke P_{lt} betrachtet. Der zu erwartende Gesamtverzerrungsfaktor $THD\%$ und die Pegel der einzelnen Oberschwingungsanteile der Spannung $U_h\%$ ergeben sich durch Überlagerung der Planungs- und Vorbelastungspegel unter Berücksichtigung der Oberschwingungsgleichzeitigkeitsfaktoren [3]. Der resultierende Unsymmetriegrad wird durch arithmetische Addition der Werte aus dem Planungs- und Vorbelastungsvektor berechnet. Spannungseinsenkungen (Spannungseinbrüche) werden nur mit JA oder NEIN bewertet, d.h. es wird betrachtet, ob Spannungseinsenkungen zu erwarten sind oder nicht.

Daraus lässt sich die Konformitätsaussage ableiten. Die Konformitätsaussage erfolgt anhand des Vergleichs zwischen dem Emissionsvektor und dem Störfestigkeitsvektor der Industrieanlage. Für jede relevante Kenngröße der Spannungsqualität muss gelten, dass der Absolutwert der Emission kleiner als der Absolutwert der Störfestigkeit ist.

Der Störfestigkeitsvektor ergibt sich aus den in Bild 2 dargestellten Überlegungen. Im Allgemeinen richtet sich die Störfestigkeit einer Industrieanlage nach der Störfestigkeit des Netzgliedes mit den höchsten Anforderungen an die Qualität der elektromagnetischen Umgebung. Bei Anschluss der Industrieanlage an einen Verknüpfungspunkt mit dem öffentlichen Energieversorgungsnetz (PCC) gelten für die Bestimmung der Störfestigkeit die in den Normen festgelegten Verträglichkeitspegel für öffentliche Energieversorgungsnetze. Bei einem Anschluss der Abnehmer an einem internen Punkt

des industriellen Energieversorgungsnetzes (IPC) wird die Störfestigkeit der Industrieanlage anhand einer Klassenauswahl für die industrielle elektromagnetische Umgebung nach DIN EN 61000-2-4 [4] bestimmt. Diese Norm geht von drei möglichen Klassen der industriellen elektromagnetischen Umgebung aus, wobei die Klasse 2 die Verträglichkeitspegel beinhaltet, die allgemein für öffentliche Energieversorgungsnetze gelten. Die technologischen Prozesse, die durch das industrielle Energieversorgungsnetz gespeist werden, können aber auch höhere oder weniger hohe Anforderungen an die Netzqualität stellen, um ihre Funktionalität und die Qualität der produzierenden Waren zu sichern. Die Störfestigkeit der Industrieanlage muss folglich anhand von Untersuchungen und Analysen der technologischen Industrieprozesse festgelegt werden, die unter realen Bedingungen hinsichtlich des Zusammenhanges von Störfestigkeit und Produktgüte durchgeführt wurden. Daraus ergeben sich die zugehörigen Störfestigkeitsvektoren.

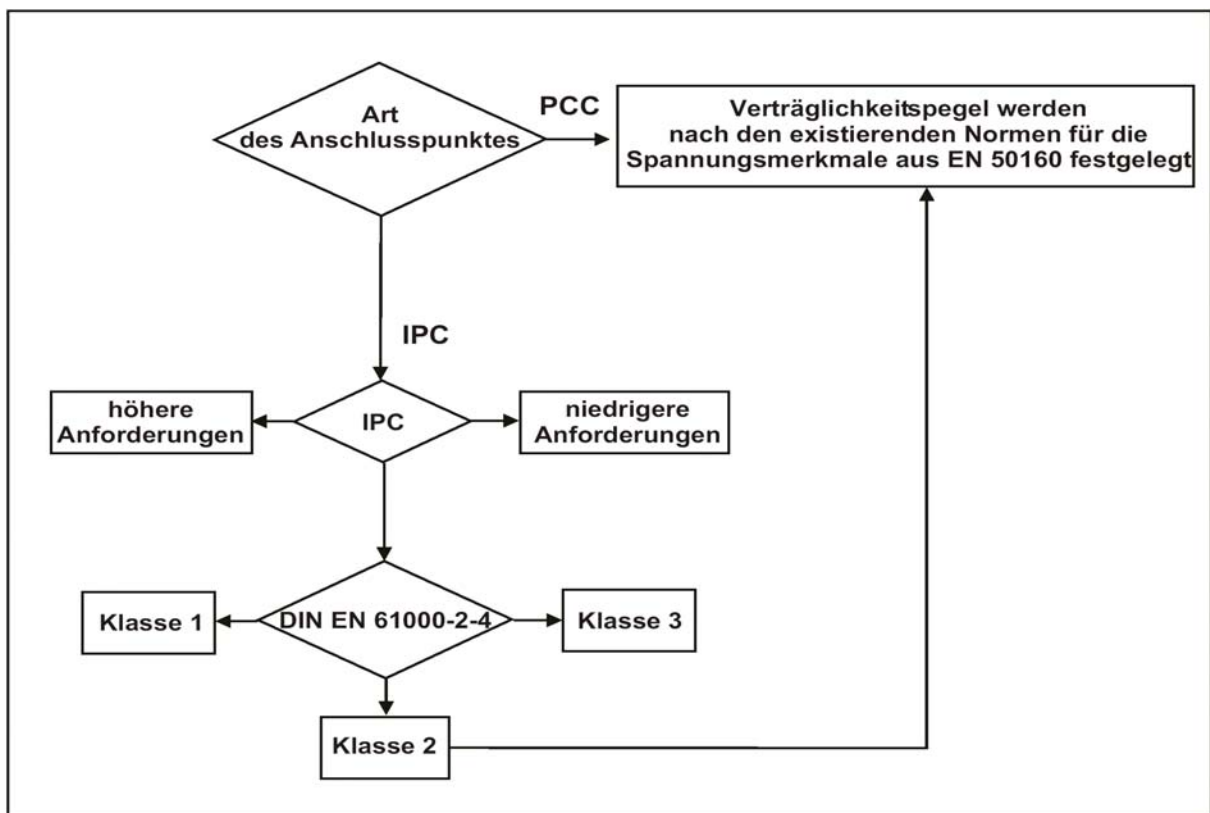


Bild 2: Einfluss des Anschlusspunktes der Abnehmer im Netz für die Bestimmung der Störfestigkeit der Industrieanlage

Planungsmatrix und Störfestigkeitsvektor sind in der Planungsdatenbank zur Nutzung für die Konformitätsplanung auch an anderen möglichen Anschlusspunkten in zukünftigen

Planungstätigkeiten abzulegen. Der iterative Planungsverlauf ist allgemein in Bild 3 als Flussdiagramm dargestellt.

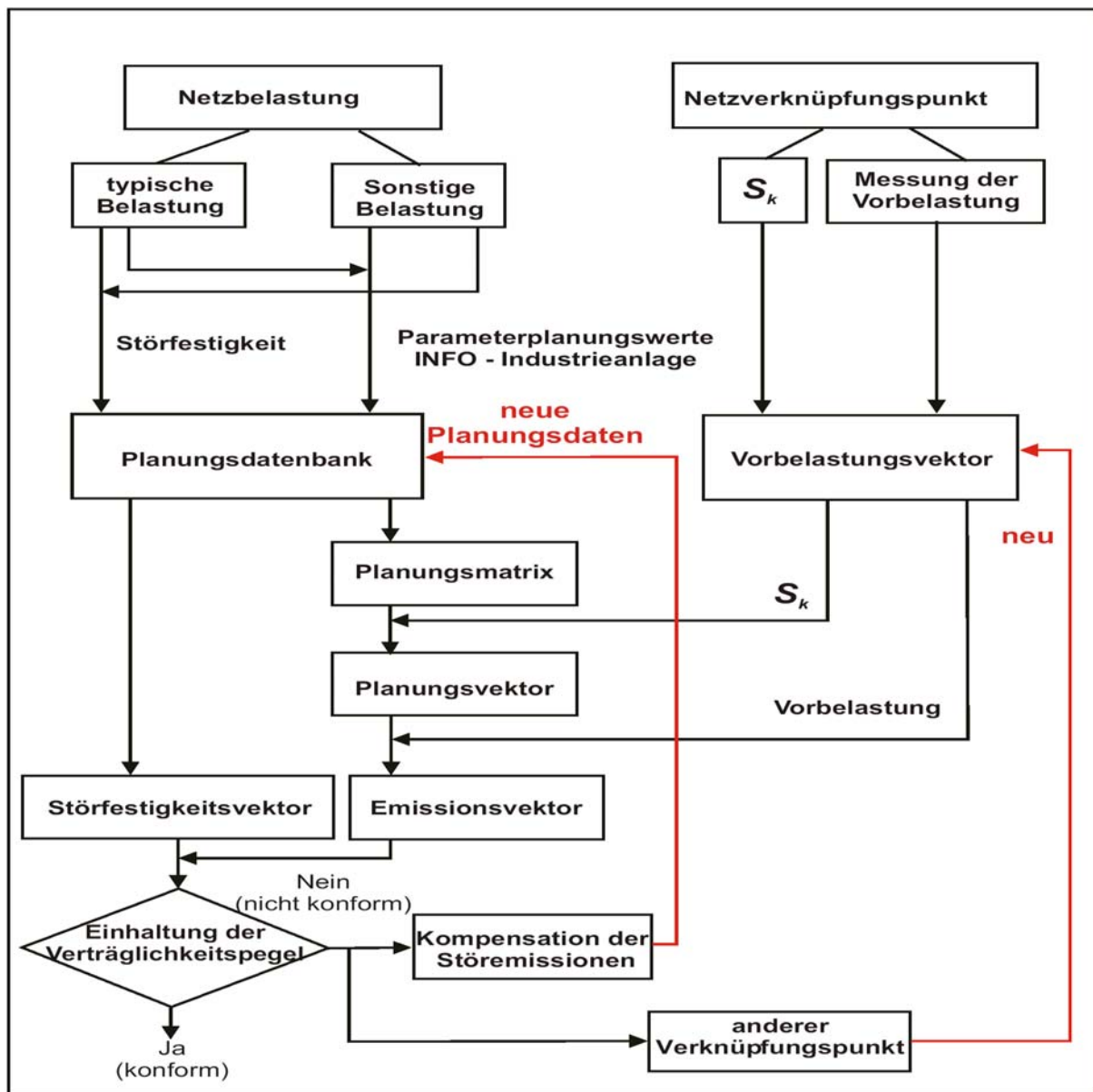


Bild 3: Verlauf des Planungsprozesses anhand des vorgeschlagenen Planungsverfahren

3 PLANUNG DER KONFORMITÄT AM BEISPIEL DES ANSCHLUSSES VON SCHWEISSANLAGEN

3.1 CHARAKTERISIERUNG DES BEISPIELS

Die Durchführung des Planungsprozesses soll am Beispiel des Anschlusses von Schweißanlagen an das Energieversorgungsnetz dargestellt werden. Die Energie-

einspeisung der Schweißanlagen ist für Netze der Automobilindustrie typisch. Die typische Belastung besteht in Form von Mittelfrequenzschweißanlagen (MF-Schweißanlagen) zur Durchführung von Widerstandspunktschweißprozessen.

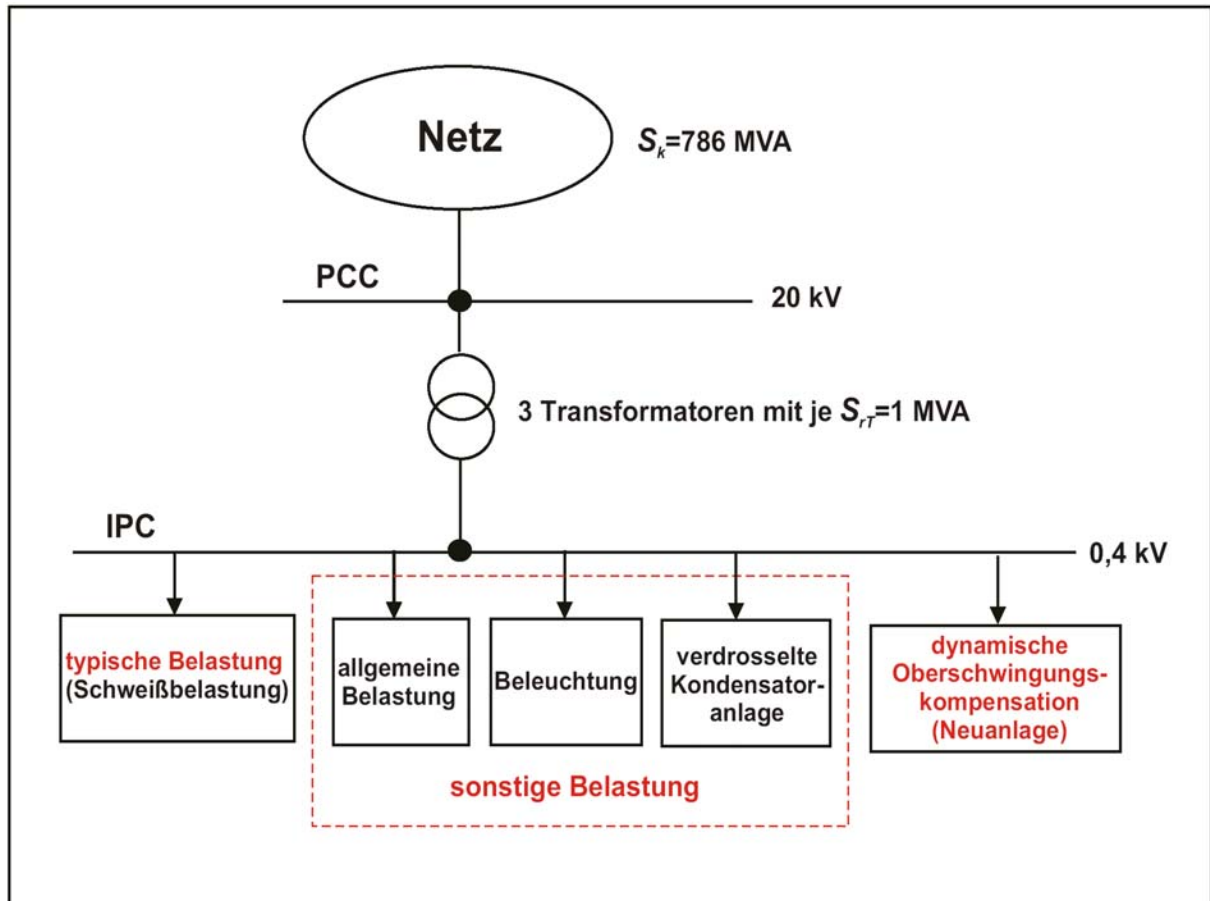


Bild 4: Struktur und Belastung des Industrienetzes

Im gewählten Beispiel werden zwei Belastungsstrukturen des Industrienetzes untersucht. Im ersten Fall wird die Netzbelastung nur auf typische Abnehmer begrenzt. Im zweiten Fall erfolgt die Kopplung der typischen Belastung mit der sonstigen Belastung des Netzes, die aus allgemeinen Lasten und Beleuchtung besteht. Das Netz und seine Belastungsstruktur sind schematisch in Bild 4 dargestellt.

3.2 CHARAKTERISTIK DER BELASTUNGS- UND NETZSTRUKTUR

Im industriellen Energieversorgungsnetz sollen entsprechend der zu versorgenden Technologie 119 Mittelfrequenzschweißzangen betrieben werden, die durch Schweißroboter positioniert werden. In Bild 5 ist der prinzipielle Aufbau einer Mittelfrequenzschweißanlage dargestellt. Die Anlage stellt eine symmetrische Belastung für das

Industrienetz dar. Die Strom-Spannungsverhältnisse auf der Netzseite werden von der Funktion des ungesteuerten 6-Puls-Brücken-Gleichrichters bestimmt. Die Verläufe der Strom und Spannungseffektivwerte einer MF-Schweißanlage während eines Schweißvorganges (Schweißimpulses) sowie die dazugehörigen Effektivwertverläufe der Stromharmonischen sind in Bild 6 dargestellt. Die Effektivwertbildung der Stromharmonischen erfolgte mittels schneller Fourier-Transformation (FFT) über ein gleitendes 10-Periodenfenster im 20-ms-Abstand. Die Schweißanlage stellt für das speisende Industrienetz eine Belastung mit pulsartigen, in ms-Bereich veränderlichen Netzströmen dar, die einen nicht unerheblichen Oberschwingungsgehalt besitzen. Die sonstige Belastung des Energieversorgungsnetzes ist eine passive ohmsch-induktive Last. Sie beinhaltet eine statische Blindleistungskompensationsanlage, die als verdrosselte Kondensatoranlage ausgelegt ist.

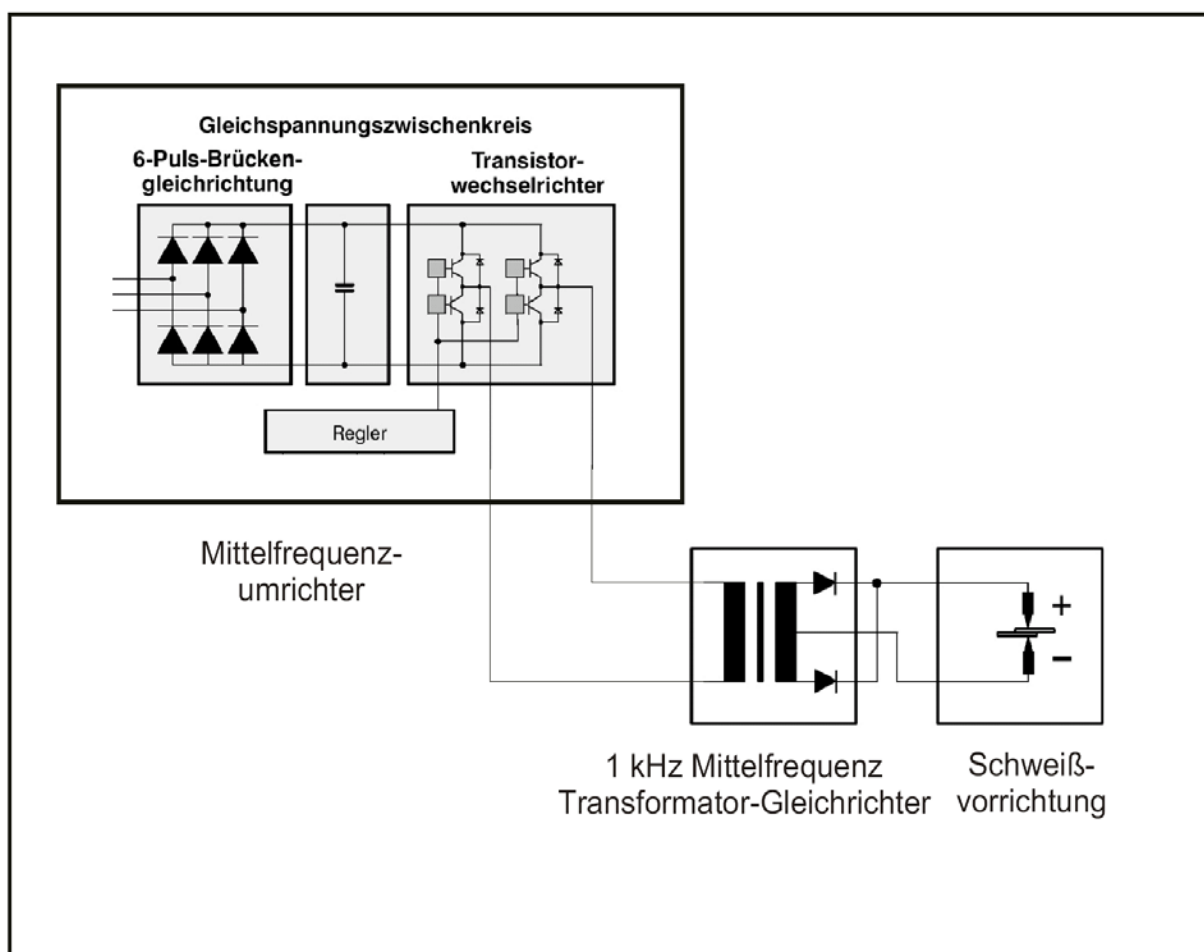


Bild 5: Prinzipieller Aufbau einer Mittelfrequenzschweißanlage

Die Schweißbelastung hat hinsichtlich der Elektroenergiequalität vor allem Auswirkungen auf das Energieversorgungssystem in Form von Oberschwingungen,

Flickererscheinungen und Spannungsabweichungen. Die diesbezüglichen Parameter der Spannungsqualität müssen deshalb in der Planungsmatrix der Industrieanlage enthalten sein. Für den Aufbau der Planungsmatrix werden folglich die Planungswerte der Spannungsabweichung $\Delta U\%$, der Flickerstärke P_{lt} (Langzeitflickerstärke), der Oberschwingungsanteile der Spannung $U_3\%$, $U_5\%$, $U_7\%$, $U_{11}\%$, $U_{13}\%$, $U_{15}\%$ und $U_{17}\%$ sowie des Gesamtverzerrungsfaktors $THD\%$ ermittelt. Die Werte sind als normierte Größen auf die Nennspannung des Netzes bezogen. Hinsichtlich der Spannungseinbrüche ist anzumerken, dass eine Beurteilung nur im Hinblick auf die Frage ihres Auftretens vorgenommen wird. In der Planungsmatrix wird für diese Spannungskenngröße eine "1" eingetragen, wenn Spannungseinbrüche zu erwarten sind; anderenfalls erfolgt das Eintragen einer "0".

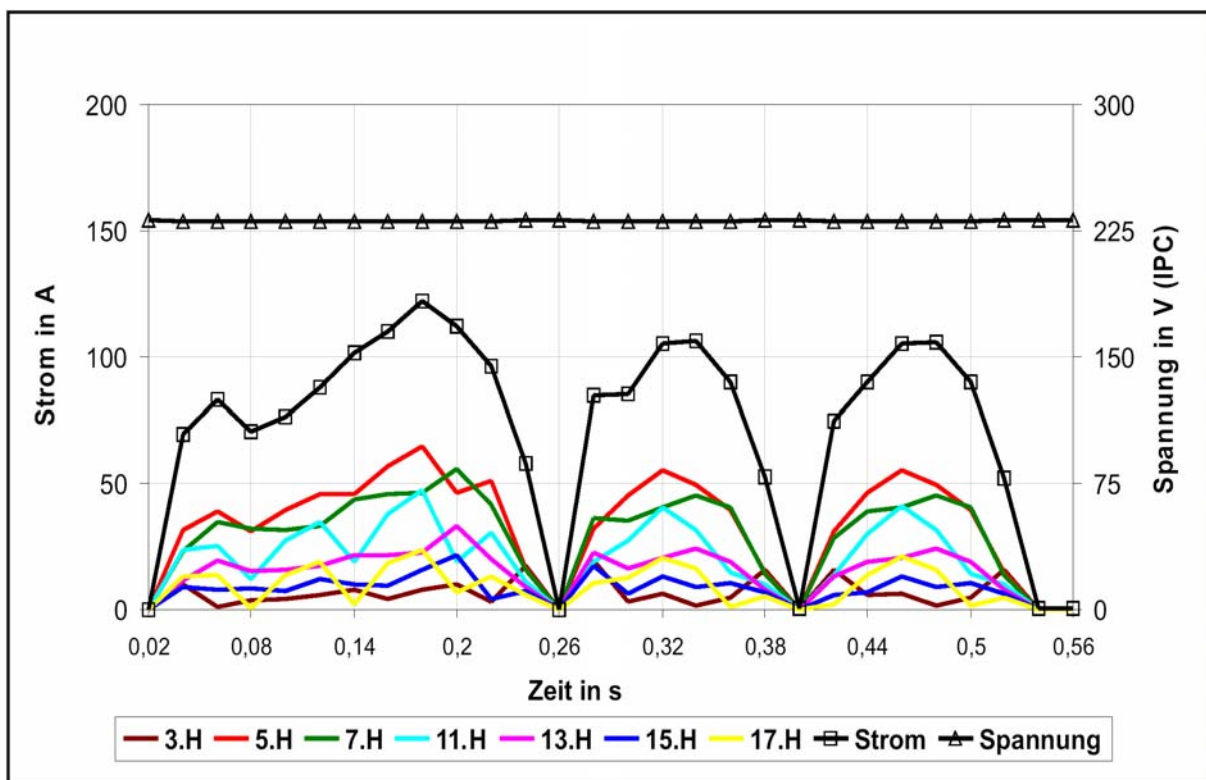


Bild 6: Zeitliche Verläufe der netzseitigen Strom- und Spannungseffektivwerte sowie der Effektivwerte der Stromharmonischen einer MF-Schweißanlage während eines Schweißvorganges (Beispiel)

Die Struktur des Netzes ist in Bild 4 dargestellt. Die Einspeisung erfolgt aus dem übergeordneten 20-kV-Mittelspannungsnetz durch drei parallel geschaltete Transformatoren mit einer Bemessungsleistung von 1 MVA. Die Kurzschlussleistung am Verknüpfungspunkt mit dem 20-kV-Mittelspannungsnetz beträgt $S_k=786$ MVA. Die

Einspeisung der Industrieanlage erfolgt damit aus einem leistungsstarken Energieversorgungsnetz.

3.3 PLANUNGS- UND STÖRFESTIGKEITSMATRIZEN, KONFORMITÄTSAUSSAGE

Das vorliegende Beispiel ist dadurch gekennzeichnet, dass keine Vorbelastung der Versorgungsspannung vorliegt. Dadurch wird der Emissionsvektor der Industrieanlage ausschließlich durch die Spannungsparameter des Planungsvektors der Industrieanlage bestimmt.

Im ersten Fall besteht die Belastung des Industrienetzes nur aus der typischen Belastung. Der für diese Belastungsstruktur resultierenden Planungsvektor der Industrieanlage ist in Bild 7 angegeben. Die Parameter des Planungsvektors wurden durch stationäre Berechnungen ermittelt. Er gilt für eine Kurzschlussleistung des Netzanschlusspunktes der Industrieanlage im Mittelspannungsnetz S_k von 786 MVA. Dieser Vektor entspricht der zu erwartenden Emission im Netz. Da die Abnehmer am internen Netzknoten angeschlossen sind, liegt die Möglichkeit einer Klassenauswahl nach DIN EN 61000-2-4 für die Festlegung der Verträglichkeitspegel im Netz vor. Die Klassenauswahl erfolgt unter Berücksichtigung der Anforderungen der Abnehmer an die Qualität der elektromagnetischen Umgebung, d. h. unter Berücksichtigung der Störfestigkeit der einzelnen Netzglieder. Da die Schweißgeräte für eine elektromagnetische Umgebung der Klasse 3 ausgelegt sind, werden für den Störfestigkeitsvektor die entsprechenden Verträglichkeitspegel aus DIN EN 6100-2-4 Klasse 3 angenommen. Der Störfestigkeitsvektor ist in Bild 8 angegeben.

S_k [MVA]	ΔU [%]	Spannungs- Einbrüche	Unsymmetrie $\Delta U_{neg}/U_{pos}$ [%]	Flicker P_{It}	THD [%]	U_3 [%] 1)	U_5 [%]	U_7 [%]	U_{11} [%]	U_{13} [%]	U_{15} [%] 1)	U_{17} [%]
786	-1,99	0	0	0,57	12,92	0,47	4,19	5,13	5,6	4,89	3,05	3,85

1) Das Auftreten der durch drei teilbaren Harmonischen (insbesondere 3.H und 15.H) ist auf dynamische Unsymmetrie zurückzuführen.

Bild 7: Planungsvektor der Industrieanlage bei Schweißbelastung (Fall 1)

ΔU [%]	Spannungs- einbrüche	Unsymmetrie $\Delta U_{neg}/U_{pos}$ [%]	Flicker P_{It} 2)	THD [%]	U_3 [%]	U_5 [%]	U_7 [%]	U_{11} [%]	U_{13} [%]	U_{15} [%]	U_{17} [%]
+10 bis -15	-	<3	-	<10	<6	<8	<7	<5	<4,5	<2	<4

2) Es sind keine Beleuchtungseinrichtungen im Netz vorhanden, deshalb ergeben sich keine Anforderungen an die Flickerstärke.

Bild 8: Störfestigkeitsvektor der Industrieanlage bei Schweißbelastung (Fall 1)

Im zweiten Fall erweitert sich die Belastungsstruktur durch den Anschluss der sonstigen Belastung im Netz. Die sonstige Belastung umfasst im vorliegenden Fall unter anderem auch empfindliche Netzteile und Steuerungen. Deshalb ergeben sich hier gegenüber Fall 1 erhöhte Anforderungen an die elektromagnetische Umgebung. Die Werte des Störfestigkeitsvektors müssen in diesem Fall den Verträglichkeitspegeln der Klasse 2 entsprechen. Planungsvektor und Störfestigkeitsvektor für diesen Fall sind in Bild 9 und Bild 10 dargestellt.

S_k [MVA]	ΔU [%]	Spannungs- Einbrüche	Unsymmetrie $\Delta U_{neg}/U_{pos}$ [%]	Flicker P_{It}	THD [%]	U_3 [%]	U_5 [%]	U_7 [%]	U_{11} [%]	U_{13} [%]	U_{15} [%]	U_{17} [%]
786	-3,16	0	0	0,57	11,32	0,57	3,34	4,44	4,97	4,36	2,72	3,45

Bild 9: Planungsvektor der Industrieanlage bei Kopplung zwischen Schweißbelastung und sonstiger Belastung (Fall 2)

ΔU [%]	Spannungs- einbrüche	Unsymmetrie $\Delta U_{neg}/U_{pos}$ [%]	Flicker P_{It} 3)	THD [%]	U_3 [%]	U_5 [%]	U_7 [%]	U_{11} [%]	U_{13} [%]	U_{15} [%]	U_{17} [%]
+10 bis -10	-	<2	<0,5	<8	<5	<6	<5	<3,5	<3	<0,4	<2

3) Anforderungen an die Flickerstärke resultieren aus der Speisung von Beleuchtungsanlagen am IPC.

Bild 10: Störfestigkeitsvektor der Industrieanlage bei Kopplung zwischen Schweißbelastung und sonstiger Belastung (Fall 2)

Nach dem Vergleich der Emissionsvektoren mit den Störfestigkeitsvektoren ist in beiden Fällen festzustellen, dass die Störfestigkeitspegel für den $THD\%$ und für einzelne Harmonische überschritten sind.

Wie gesonderte Untersuchungen zeigen, lassen sich die Pegelüberschreitungen durch Einsatz einer dynamischen Oberschwingungskompensationsanlage verhindern. Auf die Auslegung der Kompensationseinrichtung wird hier nicht näher eingegangen. Gemäß Planungsablauf (siehe Bild 3) werden nunmehr die durch den Einsatz der dynamischen Kompensationsanlage veränderten Werte für den THD und die Oberschwingungen am IPC in die Planungsmatrix eingetragen.

S_k [MVA]	ΔU [%]	Spannungs- einbrüche	Unsymmetrie $\Delta U_{neg}/U_{pos}$ [%]	Flicker P_{It}	THD [%]	U_3 [%]	U_5 [%]	U_7 [%]	U_{11} [%]	U_{13} [%]	U_{15} [%]	U_{17} [%]
100	-5,2	0	0	0,94	10,48	1,09	4,86	1,06	1,21	1,06	0,66	0,84
250	-3,8	0	0	0,69	8	0,72	3,85	0,82	0,93	0,81	0,51	0,64
350	-3,53	0	0	0,64	7,59	0,66	3,64	0,77	0,87	0,76	0,48	0,6
560	-3,28	0	0	0,59	7,13	0,6	3,44	0,73	0,81	0,71	0,45	0,56
786	-3,16	0	0	0,57	6,9	0,57	3,34	0,7	0,79	0,69	0,43	0,55
875	-3,13	0	0	0,57	6,84	0,57	3,31	0,7	0,78	0,68	0,43	0,54

Bild 11: Planungsmatrix der Industrieanlage für Kopplung zwischen Schweißbelastung und sonstiger Belastung und Einsatz dynamischer Oberschwingungskompensation

Die durch den Einsatz der dynamischen Kompensation resultierende Planungsmatrix ist in Bild 11 dargestellt. Der Planungsvektor wird außerdem für geringere bzw. höhere Kurzschlussleistungen erweitert, um seine Nutzbarkeit auf andere, ähnliche Netzanschlusspunkte übertragen zu können. Nach dem Vergleich der Planungsmatrix mit dem Störfestigkeitsvektor der Anlage (Fall 2) ist festzustellen, dass trotz dynamischer Kompensation nur bei Kurzschlussleistungen größer 250 MVA (am Anschlusspunkt der Industrieanlage im 20-kV-Mittelspannungsnetz) ein störungsfreier Anschluss der Anlage möglich ist. Bei Kurzschlussleistungen im Bereich von 250 bis 350 MVA ist der Anschluss bedingt möglich, wenn am Anschlusspunkt keine Oberschwingungsvorbelastung vorliegt oder die Oberschwingungsvorbelastung vernachlässigbar klein ist. Die Planungs- und Störfestigkeitsmatrizen werden

dementsprechend in der in Bild 12 dargestellten Form in die Planungsdatenbank zur Nutzung bei zukünftigen Planungstätigkeiten abgelegt.

Planungsmatrix-Industrieanlage												
Info – Feld (Beschreibung der Industrieanlage)												
S_k [MVA]	ΔU [%]	Spannungs- einbrüche	Umsymmetrie $\Delta U_{neg}/U_{pos}$ [%]	Flicker P_{It}	THD [%]	U_3 [%]	U_5 [%]	U_7 [%]	U_{11} [%]	U_{13} [%]	U_{15} [%]	U_{17} [%]
250	-3,8	0	0	0,69	8	0,72	3,85	0,82	0,93	0,81	0,51	0,64
350	-3,53	0	0	0,64	7,59	0,66	3,64	0,77	0,87	0,76	0,48	0,6
560	-3,28	0	0	0,59	7,13	0,6	3,44	0,73	0,81	0,71	0,45	0,56
786	-3,16	0	0	0,57	6,9	0,57	3,34	0,7	0,79	0,69	0,43	0,55
875	-3,13	0	0	0,57	6,84	0,57	3,31	0,7	0,78	0,68	0,43	0,54

Störfestigkeitsmatrix-Industrieanlage												
ΔU [%]	Spannungs- einbrüche	Umsymmetrie $\Delta U_{neg}/U_{pos}$ [%]	Flicker P_{It}	THD [%]	U_3 [%]	U_5 [%]	U_7 [%]	U_{11} [%]	U_{13} [%]	U_{15} [%]	U_{17} [%]	
+10 bis -10	-	<2	<1	<8	<5	<6	<5	<3,5	<3	<0,4	<2	

Bild 12: Planungsmatrix und Störfestigkeitsvektor der Industrieanlage zur Ablage in der Planungsdatenbank

7 Zusammenfassung

Die Beschreibung der Industrieanlage durch ihre Planungs- und Störfestigkeitsmatrizen kann für die Entwicklung von Planungsdatenbanken benutzt werden und ermöglicht die Automatisierung des Planungsprozesses der Konformität in industriellen Energieversorgungsnetzen. Das Verfahren zur Konformitätsplanung und die Planungsdaten industrieller Anlagen können weiterhin in einem elektronischen Beratungszentrum zur automatischen Konformitätsplanung in industriellen Energieversorgungsnetzen mit Planungsdatenbanken implementiert werden.

Literatur:

- [1] DIN EN 50160, Ausgabe: 2000-03, „Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen“
- [2] D-A-CH-CZ Technische Regeln zur Beurteilung von Netzurückwirkungen, Ausgabe: 2004, VWEW Energieverlag GmbH
- [3] Grundsätze für die Beurteilung von Netzurückwirkungen, Ausgabe: 1992, Verlags- und Wirtschaftsgesellschaft der Elektrizitätswerke m. g. H. - VWEW
- [4] DIN EN 61000-2-4, Ausgabe: 2003-05, „Umgebungsbedingungen – Verträglichkeitspegel für niederfrequente leitungsgeführte Störgrößen in Industrieanlagen“

Autoren:

Dipl.-Ing. Borislava Tzaneva

Dr.-Ing. Thomas Heck

PD Dr.-Ing. habil. Holger Schau

Technische Universität Ilmenau

Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik

FG Elektrische Energieversorgung

PF 100 565

D-98684 Ilmenau

Telefon: +49 (3677) 69-1495

Telefax: +49 (3677) 69-1496

E-mail: borislava.tzaneva@stud.tu-ilmenau.de

Prof. Dr.-Ing. habil. Dietrich Stade

H. Kleinknecht GmbH & Co. KG

Weimarer Str. 1 b

D-98693 Ilmenau

Telefon: +49 (3677) 46969-14

Telefax: +49 (3677) 46969-10

E-mail: dietrich.stade@kleinknecht.de